

Кравченко Н.С., Ревинская О.Г.

Kravchenko N.S., Revinskaya O.G.

МЕТОДИКА ПОДСЧЕТА ПОГРЕШНОСТЕЙ В УЧЕБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ
ЛАБОРАТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ

PROCEDURE OF CALCULATION OF ERRORS IN EDUCATIONAL
PHYSICAL LABORATORY WITH USE OF SPREADSHEETS

ogr@tpu.ru

Томский политехнический университет

г. Томск

Обоснована возможность и необходимость использования электронных таблиц для обработки результатов лабораторных измерений в курсе общей физики. Показано, что современный уровень компьютерной грамотности выпускников средних школ позволяет начинать использование электронных таблиц в непрофильных дисциплинах, начиная с первого курса.

Possibility and necessity of use of spreadsheets for processing of results of laboratory measurements in a course of the general physics is proved. It is shown that modern level of computer literacy of graduates of high schools allows to begin use of spreadsheets in not profile disciplines, since the first course.

Физика как наука всегда использовала самые передовые достижения техники и своими достижениями способствовала ее развитию. Для проведения физических экспериментов создаются высоко технологичные лабораторные комплексы и установки. Это связано с постоянно возрастающей сложностью и точностью физических исследований. Несмотря на это, результаты любых экспериментальных измерений обладают определенной погрешностью. Оценка погрешности экспериментальных данных – один из важных и ответственных этапов в работе экспериментатора, характеризующий достоверность полученных результатов.

При многократных равноточных измерениях случайные факторы, влияющие на точность измерений, многочисленны и независимы, поэтому измеряемую физическую величину x можно считать непрерывной случайной величиной, подчиняющейся распределению Гаусса с плотностью вероятности

сти $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\bar{x}-x)^2}{2\sigma^2}}$. Согласно теории вероятностей, распределение Га-

усса характеризуется двумя параметрами: средним значением \bar{x} и среднеквадратичным отклонением σ . Среднее значение \bar{x} для распределения Гаусса является наиболее вероятным значением, и применительно к процессу измерений интерпретируется как истинное значение измеряемой величины x . Среднеквадратичное отклонение σ характеризует средний разброс измеряемой величины относительно истинного значения \bar{x} и определяется совокупными условиями проведения эксперимента (точностью используемых приборов, влиянием внешних факторов и т.д.). Среднеквадратичное отклонение σ пропорционально абсолютной погрешности проводимых измерений.

Таким образом, чтобы оценить истинное значение измеряемой величины и погрешность измерений, необходимо по имеющимся экспериментальным данным рассчитать параметры распределения Гаусса. При этом следует учитывать, что экспериментатор может оперировать только конечным набором измеренных значений (выборкой), полученной из распределения Гаусса. Чем больше объем выборки, тем достовернее можно получить характеристики распределения Гаусса по дискретному набору экспериментальных данных. Учитывая симметричный характер распределения Гаусса при большом числе измерений среднее значение можно рассчитать как среднее арифметическое

$$\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \bar{x},$$

а среднеквадратичное отклонение как

$$\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (\bar{x} - x_k)^2}{n(n-1)}} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \sigma.$$

Абсолютная погрешность измеряемой величины Δx пропорциональна среднеквадратичному отклонению σ и зависит от доверительной вероятности α , которая характеризует, с какой вероятностью можно доверять результатам, полученным в эксперименте. Работы в лабораторном практикуме курса общей физики выполняются на заранее проверенных и отрегулированных установках, потому можно считать, что не менее 95% результатов, полученных в таких экспериментах, являются достоверными. То есть эксперименты выполняются с доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$. Согласно теории вероятностей для малого числа измерений, характерного для учебного эксперимента, взаимосвязь между среднеквадратичным отклонением σ и доверительным интервалом Δx (погрешностью измерений) устанавливается с помощью распределения Стьюдента: $\Delta x = t_{\alpha n} \sigma$, где $t_{\alpha n}$ называют коэффициентами Стьюдента.

Таким образом, чтобы оценить истинное значение и абсолютную погрешность многократно измеренной в эксперименте величины, необходимо рассчитать среднее (арифметическое) значение \bar{x} , среднеквадратичное отклонение σ , определить коэффициент Стьюдента $t_{\alpha n}$ и вычислить доверительный интервал Δx . Несмотря на то, что конечные формулы имеют несложный вид и легко запоминаются, расчеты по этим формулам оказываются тем точнее, чем больше измерений было выполнено. Увеличение количества измерений превращает обработку экспериментальных данных в монотонный процесс, который чреват ошибками, связанными с утомляемостью и потерей внимания.

Достоверность обработки результатов можно повысить использованием электронных таблиц, например MS Excel. Учитывая постоянно возрастающую компьютерную грамотность школьников, для применения электронных таблиц при обработке экспериментальных данных в лабораторном

практикуме достаточно напомнить первокурсникам основные принципы работы в MS Excel и несколько встроенных функций. Наиболее часто здесь могут быть использованы функции СРЗНАЧ, СУММ, КВАДРОТКЛ и КОРЕНЬ. Функции СРЗНАЧ, СУММ, КВАДРОТКЛ позволяют рассчитать среднее арифметическое, сумму и сумму квадратов отклонений от среднего арифметического, соответственно, по данным расположенным в нескольких ячейках таблицы в одной строке или столбце. Поэтому для данных, расположенных например в одном столбце в ячейках В2, В3, ... В7, можно в некоторой другой ячейке рассчитать среднее значение, записав =СРЗНАЧ(В2:В7)

Расчет с помощью функции КВАДРОТКЛ эквивалентен расчету по формуле $\sum_{k=1}^n (\bar{x} - x_k)^2$, если n значений x_k расположены в одном столбце (строке) таблицы. При этом автоматически рассчитывается среднее арифметическое \bar{x} , а затем сумма квадратов разностей между средним арифметическим \bar{x} и каждым x_k значением в таблице. В расчете погрешности измерений это самый трудоемкий момент, где студенты делают больше всего ошибок на первых порах. Использование встроенной функции позволяет существенно уменьшить влияние случайного человеческого фактора в расчете средне-квадратичного отклонения σ и доверительного интервала Δx . Для данных, расположенных в ячейках В2, В3, ... В7, использование функции КВАДРОТКЛ аналогичное описанной выше функции: =КВАДРОТКЛ(В2:В7). Электронные таблицы MS Excel имеют большое количество встроенных функций для вычисления характеристик различных статистических распределений. Для обработки экспериментальных результатов наибольший интерес представляет функция СТЬЮДРАСПОБР. Она позволяет рассчитать коэффициент Стьюдента $t_{\text{кр}}$. Для этого необходимо указать вероятность p и число степеней свободы N . Применительно к обработке экспериментальных данных вероятность p связана с доверительной вероятностью α , а число степеней свободы N – с количеством проведенных измерений: $p = 1 - \alpha$, $N = n - 1$. Пусть, например, эксперименты выполнялись $n = 5$ раз, а оценить результаты необходимо с доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$, тогда для получения коэффициента Стьюдента в одной из ячеек таблицы следует написать =СТЮДРАСПОБР(1-0,95;5-1).

Знакомство с методами расчета погрешностей обычно происходит на первом занятии лабораторного практикума. Дополнив изложение теории погрешностей краткими сведениями по использованию электронных таблиц, можно не только существенно повысить качество обработки экспериментальных данных в учебном физическом эксперименте, но и продемонстрировать студентам возможности применения их школьных знаний, а также показать актуальность применения современных программных приложений в физике.

Следует отметить, что процесс оценки погрешностей экспериментальных измерений не ограничивается оценкой доверительного интервала случайных погрешностей при многократных измерениях. Кроме этого в лабора-

Секция 4

торной работе, как правило, необходимо учесть погрешность однократных измерений каждой величины и рассчитать погрешность косвенных измерений для величин, которые непосредственно в эксперименте не измеряются. Для этих расчетов в теории погрешностей обосновывается и приводится ряд формул, которые базируются на оценке погрешности (доверительного интервала) прямых многократных измерений. Поэтому чем достовернее будет оценка случайной погрешности прямых многократных измерений, тем надежнее будут и результаты экспериментальных исследований.

Кроме расчетов искомых физических величин и погрешностей измерений в лабораторном практикуме широко распространено графическое представление полученных результатов. Встроенный мастер диаграмм в MS Excel также позволяет повысить качество построения графических зависимостей. Все требования, предъявляемые к построению графиков на бумаге, легко переносятся в электронные таблицы.

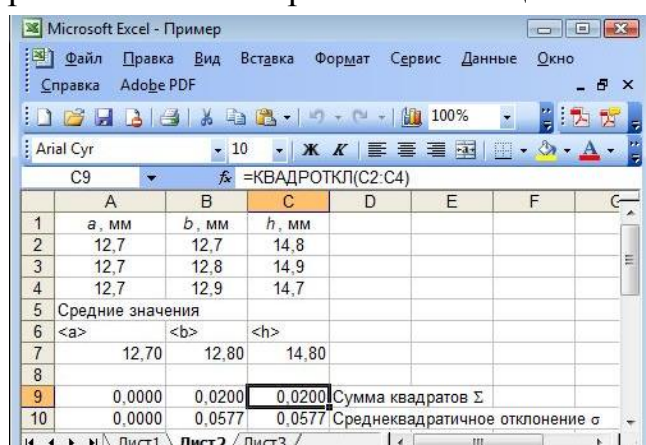


Рис. 1

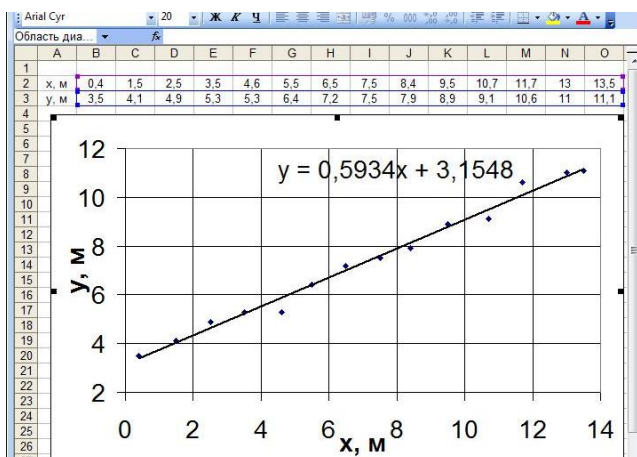


Рис. 2

Для стимулирования практического использования электронных таблиц MS Excel при обработке экспериментальных результатов в учебной физической лаборатории достаточно иметь хотя бы один персональный компьютер, на котором установлен MS Excel. Это позволит преподавателю оперативно продемонстрировать изложенные методы, а студентам – сразу же их опробовать. В дальнейшем студенты могут выполнять аналогичные расчеты на своих домашних компьютерах, а аудиторный компьютер использовать для консультации с преподавателем в проблемных ситуациях.

Таким образом, для повышения качества обработки экспериментальных данных в лабораторном практикуме курса общей физики, в настоящее время необходимо и доступно стимулирование студентов в использовании электронных таблиц, таких как MS Excel. Для этого достаточно в учебное пособие, посвященное изложению теории погрешностей и методов обработки экспериментальных данных, включить материал, описывающий использование для этих целей MS Excel. В Томском политехническом университете такое пособие подготовлено на кафедре теоретической и экспериментальной физики. Оно предназначено для студентов 1-2 курсов и содержит начальную информацию по классификации лабораторных измерений и погрешностей, о методах оценки погрешностей различного рода, а также по использованию

MS Excel для обработки результатов лабораторных работ с подробными примерами расчетов и построения графиков. На рис. 1 представлена иллюстрация из пособия, поясняющая расчет среднеквадратичного отклонения для трех измеренных в эксперименте величин. На рис. 2 приведен пример построения сглаживающей прямой по экспериментальным данным с использование MS Excel.

Крохин А.Л.

**КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ЧТЕНИИ ЛЕКЦИЙ ПО
МАТЕМАТИЧЕСКИМ КУРСАМ**

alkrochin@yandex.ru

*ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет –
УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
г. Екатеринбург*

В докладе представлены некоторые примеры использования мультимедийных средств при преподавания математики.

Here is presented some authors examples usage multimedia devices and support of teaching mathematical courses.

Как известно в 2006-2007 годах были проведены конкурсы инновационных программ среди вузов и лучшим из них были выделены государством значительные средства на их реализацию. Среди победителей оказался наш университет. Средства государственной поддержки образовательные учреждения использовали главным образом на закупку лабораторного оборудования, на приобретение лицензионного программного и методического обеспечения, модернизацию материально-технической учебной базы. В распоряжении преподавателей оказались в достаточном количестве компьютеры, были оборудованы мультимедийные аудитории, обустроены локальные сети (проводные и беспроводные) с выходом в Интернет.

Инновация это калька с английского термина *innovation*, введенного в обиход британским экономистом Шумпетером (в нашей стране был очень популярен термин **новаторство**). Обычно инновацию отличают от *invention* - изобретения. В Википедии [1] есть яркое сравнение Томаса Эдисона и Николая Тесла. Эдисон был **инноватором**, поскольку его идеи приносили ему доход, а Тесла – **изобретатель**. Он тратил большие средства на реализацию своих идей, создавал изобретения, но не имел от этого дохода.

Таким образом, даже этимологически **инновационное** действие предполагает не просто новизну, а достижение нового **результата**, повышение эффективности деятельности или удовлетворение новых потребностей. Многие авторы отмечают также, что инновационность может быть не только технологической природы, но и организационной, управленческой, правовой... Поэтому инновационные образовательные программы предусматривают как применение новых, в т. ч. информационных, образовательных технологий, учебно-методических материалов, так и введение в образовательную практи-